

УДК 621.822

О. Гурик¹, канд. техн. наук; О. Ляшук¹, канд. техн. наук;
І. Логуш², канд. техн. наук; О. Фльонц², канд. техн. наук;
В. Крук¹, канд. техн. наук; Т. Навродська¹

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

²Бережанський агротехнічний інститут національного університету
біоресурсів та природокористування України

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ДИСКОВИХ НОЖІВ ПРИ РОЗРІЗУВАННІ ЕЛАСТОМЕРІВ

Резюме. Приведено конструкцію пристрою до заточувального верстата для заточування дискових ножів, ножових блоків для розрізування еластомерів конвеєрних стрічок заданих розмірів. У результаті експериментальних досліджень встановлено межу працездатності ножів у часовому просторі й режими різання та заточування ножів.

Ключові слова: стійкість дискових ножів, еластомери, заточувальний пристрій.

O. Guryk, O. Liashuk, I. Logush, O. Flionts, V. Kruk, T. Navrodska

RESEARCH OF STABILITY OF DISC KNIVES WHILE CUTTING THE ELASTOMERS

Summary. The construction of device of the grinding machine for sharpening unit disk blades for cutting elastomers conveyer belts of given size was shown. Industry of Germany exports rubber-cotton conveyer belt in roll of 0,9...2 m width and 50 m length to Ukraine. Special devices with the knives units and possibility of change their location due to the required belt width are used for cutting rolls into strips of the given width. Special devices for simultaneous grinding of two cutting blades was designed and produced with U-type bracket with the possibility of a circular rotation around the vertical axis. Knives unit which was designed as two parallel driven shafts with possibility of cranking circular and axial movement on a special support was installed inside of it. Cutting edges of circular blades are connected with grinding wire cup circles. As a result of experimental research the limit of performance of cutting elements in time space and cutting conditions during sharpening was found.

The main problem in the design of cutting disc blades and selection of cutting regimes is their greasing by rubber sticking and fuming, and as a result – pollution of the environment. So, primarily task was to solve the problem with two contradictions: maximum performance of cutting process with the limited cutting speed, and elimination of tools heating to the melting point of the cord material.

Limited cutting speed was determined experimentally. As a result of experimental researches rational cutting speed by circular knives within $V=0,15-0,25$ m/s was found.

Diameter of disc blades due to conditions of the drive shaft strength, thickness of the conveyer belt, normal work conditions and other design parameters was selected. It was found that the outer diameter of blades is within 130-150 mm. Sharpening angle was selected experimentally and it is $\alpha = 12^\circ, 19^\circ, 25^\circ$ and 30° . Due to result, of experiments and from the joint of view of stability and normal operation conditions it is recommended to take it within $\alpha = 16-22^\circ$. Criterion wearing allowance of disk blades was selected as 0,20 mm diameter, which is recommended and confirmed by our researches.

Key words: stability of disc knives, еластомери, sharpening device.

Умовні позначення

D_{cm} , d_s – відповідно діаметр ступиці та діаметр її внутрішнього отвору, що дорівнює діаметру приводного вала, мм;

H – товщина конвеєрної стрічки, мм;

δ – величина перекриття ножів ($\delta \approx 0,2-0,8$) мм;

Δ – величина зазору між ступицею і конвеєрною стрічкою, мм;

t_1 , t_2 і t_3 – час закінчення відповідно I-ої, II-ої і III-ої стадій процесу зношування;

k_1 – величина, яка чисельно дорівнює значенню часу t в кінці I-ої стадії;

k_2 – величина, що чисельно дорівнює значенню величини зношення в точці з часом t_2 ;

a , b і c – поправочні коефіцієнти, які залежать від матеріалу деталей і відповідно дорівнюють $a = 0,0035$ мм/хв^{1/2}, $b = 1,05 \cdot 10^{-5}$ мм/хв і $c = 0,14 \cdot 10^{-5}$ мм/хв².

Постановка проблеми. Стрічкові конвеєри служать для безпосереднього переміщення насипних та дрібних штучних вантажів у горизонтальному, похилому і вертикальному напрямках. Вони широко застосовуються у сільському господарстві, гірничовидобувній, металургійній промисловості та інших галузях народного господарства завдяки таким позитивним характеристикам:

- безперервності транспортування, що сприяє підвищенню продуктивності машин, які працюють у комплексі зі стрічковими конвеєрами;
- простоті конструкцій, надійності й зручності обслуговування;
- можливості повної автоматизації із застосування систем регулювання і контролю;
- можливості розвантаження вантажу в будь-якому місці траси.

Основними робочими органами стрічкових конвеєрів є гумотканинні стрічки, так звані еластomers. Найширше розповсюджені гумотканинні стрічки, які складаються з гумотканинного пошарового тягового каркаса, зовнішніх гумових обкладинок, які захищають каркас від механічних пошкоджень і дії на нього вологи, газів, агресивних середовищ. Залежно від умов експлуатації й призначення виготовляють стрічки загального призначення, морозостійкі, теплостійкі, харчові й вогнетривкі. Для дисперсних і отруйних матеріалів застосовують трубчасті стрічки.

Гумотканинні стрічки – найпоширеніші й складаються з тягового каркаса, захищеного з усіх боків привулканізованими до нього еластичними обкладками. Тяговий каркас виготовлений з тканинних прокладок, з'єднаних між собою тонкими гумовими прошарками, які надають стрічці більшої гнучкості.

Тканина складається з ниток основи (бавовняної, синтетичної, віскозного шовку та ін.), які сприймають поздовжнє навантаження, та ниток утку 4, що забезпечують поперечну жорсткість стрічки.

Тягове зусилля в гумово-тросових стрічках сприймається металевими тросами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розрізуванню еластомерів присвячені праці ряду авторів, до яких відносяться публікації Лепетова В.А. [1], Мак-Келви Д.М. [2], Федюшина Д.Л. [3] та багато інших в яких приведено розрахунок і конструкція гумових виробів, порізка і переробка еластомерів і особливості використання гумово-технічних виробів у народному господарстві.

Однак цілий ряд питань, пов'язаних з розробленням конструкцій пристроїв до заточувальних верстатів для заточування дискових ножів, ножових блоків для

розрізування еластомерів, їх експлуатаційної надійності й довговічності потребують свого вирішення.

Метою даної роботи є розроблення конструкції пристрою до заточувального верстата для заточування дискових ножів, встановлення часу надійної і якісної їх роботи й визначення режимів заточування.

Робота виконана згідно з постановою Кабінету Міністрів України “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування й забезпечення агропромислового комплексу конкурентноздатною технікою” на 2010...2015 роки.

Реалізація роботи. Широкого застосування в приводах машин, стрічкових і пруткових транспортерах замість ланцюгових передач набули конвеєрні стрічки (КС) з відкритими трапецієподібними виступами для зачеплення з відповідними шліцьовими виступами на приводних валах, що забезпечує передачу обертового руху без пробуксовування та перекосів. До їх переваг належить безшумність роботи та зменшення пошкодження коренеплодів у процесі транспортування. Промисловість Німеччини експортує такі гумово-бавовняні конвеєрні стрічки в рулонах шириною 0,9–2 м і довжиною 50 м у різні країни світу, в тому числі й Україну. Для одночасного розрізування рулонів на смуги певної ширини з можливістю її регулювання виникла проблема у створенні відповідного устаткування з блоками різальних інструментів і механізмами регулювання відстані між ними.

Верстат для заточування ножових блоків для розрізування гладкої конвеєрної стрічки на смуги

Для заточування ножових блоків у зборі було спроектовано спеціальний пристрій, який зображено на рис. 1, виконано у вигляді U-подібного кронштейна 1, знизу якого встановлено поворотний шток 2 з можливістю кругового повертання навколо вертикальної осі. В середині простору цього кронштейна встановлено ножовий блок, який виконано у вигляді двох паралельних приводних валів 3 з можливістю кругового повертання. На ці вали жорстко встановлені базуючі втулки на шпонках, а на базуючі втулки в певній послідовності жорстко встановлені різучі пари дискових ножів 4 у кількості, наприклад, чотири, а розпірні втулки – на шпонки.

Паралельні приводні вали в зборі крайніми циліндричними цапфами 5 встановлені в опорні отвори 6 лівої 7 і правої 8 опор ножового блока з можливістю кругового повертання.

Ножові блоки в зборі стягуються двома стяжними болтами 9, що стягують опори 7 і 8, які розміщені в зоні взаємодії дискових ножів 4 і повертаються на 180° на цапфах. Фіксація ножових блоків у цих позиціях здійснюється за допомогою конічних фіксаторів 10 з пружинами стиснення в конічних отворах, які розміщені знизу і зверху на лівій опорі 7.

Крім цього, ліва і права опори встановлені своїми цапфами у відкриті циліндричні гнізда 11 зверху лівої і правої вилок 12 U-подібного кронштейна 1. Цапфи розміщені ззовні ножового блока посередині їх довжини з можливістю повертання на 180°, а зверху закриті кришками 13, які повертаються на шарнірах 14 з можливістю повертання на 90°, а закріплення відкидної кришки здійснюється гайкою.

Привод дискових ножів 4 ножового блока здійснюється за допомогою шківа 15, на який одягають приводний ремінь (на рисунку не показано). Приведення валів

здійснюється від приводного шківа, який жорстко встановлений на багатогранний конічний приводний елемент 16, що почергово взаємодіє з відповідним конічним багатогранником, виконаним з правих кінців валів, які до них кріпляться кріпильними болтами через шайби гравера в різьбових отворах у приводних валах 3. Заточування дискових ножів 4 здійснюється абразивними кругами попарно по два. Закінчивши процес заточування, ножовий блок знімають із заточувального верстата і встановлюють на установку для розрізування конвеєрної стрічки.

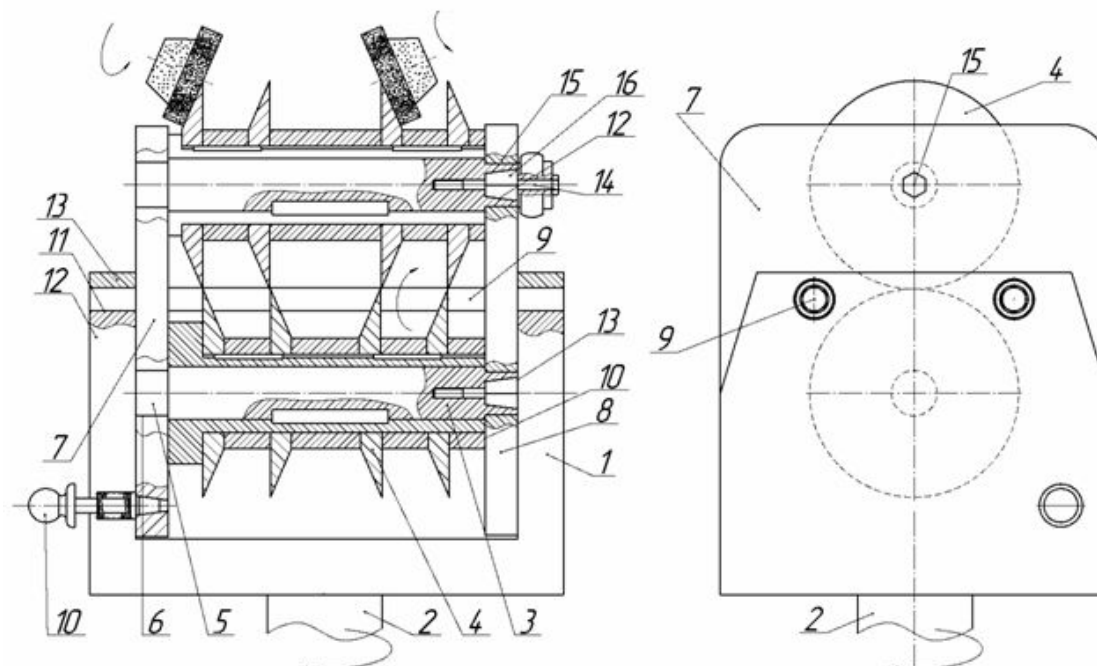


Рисунок 1. Верстат для заточування ножових блоків для розрізування гладкої конвеєрної стрічки на смуги

Figure 1. Machine tool for sharpening of the knife units for cutting a smooth conveyor belt into strips

Робота з заточування ножових блоків здійснюється таким чином. Ножовий блок у зборі з U-подібним поворотним кронштейном 1 встановлюється на поздовжній супорт заточувального верстата за допомогою спеціального пристрою верстата (на кресленні не показано). До приводного шківа 8 під'єднують пас від спеціального приводного електродвигуна (на кресленні не показано), який жорстко кріпиться почергово до приводних валів 2 за допомогою шестигранного конусного елемента. Два заточувальні чашкові пруги 29 підводяться до різальних кромки дискових ножів 4. Після цього вимикається верстат, з верхнього приводного вала 2 знімають конічний багатогранник 26, відкрутивши кріпильний болт 27. Також фіксатор 15 відводять вліво з конічного отвору 17 і повертають ножовий блок на 180°.

У цьому положенні ножовий блок фіксується фіксатором 6 у другому крайньому конічному отворі, який розміщений на другому кінці лівої опори 5. Технологічний процес заточування ножів 4 на другому приводному валу 2 здійснюється аналогічно до попереднього. Після закінчення процесу заточування всіх різальних ножів 6 ножовий блок знімають із заточувального верстата, а на його місце встановлюють наступний.

В якості абразивних кругів 7 використовують чашкові круги з абразивного матеріалу – електрокорунд нормальний або білий, зернистістю 10...30 мкм. Режим роботи заточування: швидкість заточування $V = 12...15$ м/с; подача $S = 5...10$ м/хв, глибина різання при заточуванні $t = 0,08...0,1$ мм/хв.

Основною проблемою в проектуванні різальних дискових ножів (ДН) і виборі режимів різання є їх засалювання гумою, налипання та димлення і, як наслідок, забруднення навколишнього середовища. Тому першочергово необхідно було розв'язати задачу з двома протиріччями: максимальна продуктивність процесу різання за обмеженої швидкості різання і відсутність нагрівання інструментів до температури плавлення матеріалу корду.

Обмежену швидкість різання визначено експериментально. В результаті експериментальних досліджень встановлено раціональну швидкість різання дисковими ножами в межах $V = 0,15-0,25$ м/с.

Діаметр дискових ножів вибрано за умови міцності приводного вала, товщини конвеєрної стрічки, нормальних умов роботи та інших конструктивних параметрів установки за формулою

$$D = d_6 + (D_{cm} - d_6)/2 + H + \delta + \frac{\Delta}{2}. \quad (1)$$

Врахувавши вищесказане, було встановлено, що доцільно зовнішній діаметр ножів приймати в межах $D = 130-150$ мм.

Кут заточування вибрано експериментально, дорівнює $\alpha = 12, 19^\circ, 25^\circ$ і 30° . У результаті експериментів, з точки зору стійкості й нормальних умов роботи, рекомендовано його вибрати в межах $\alpha = 16-22^\circ$.

У результаті експериментальних досліджень стійкості 4 пар ножових блоків, тобто 12 ножів з роботою 12 змін по 4–6 годин встановлено величини зношення, за якими побудовано графік, який зображено на рис. 2. Матеріал ножів – сталь У7А, твердість HRC = 58–64.

За допустимий критерій зношення дискових ножів вибрано величину 0,20 мм на діаметр, яку рекомендовано [2] та підтверджено нашими дослідженнями. Заміри зношування дискових ножів здійснювали мікрометрами по зовнішньому діаметру після певних періодів роботи. Точність мікрометра – 0,01 мм.

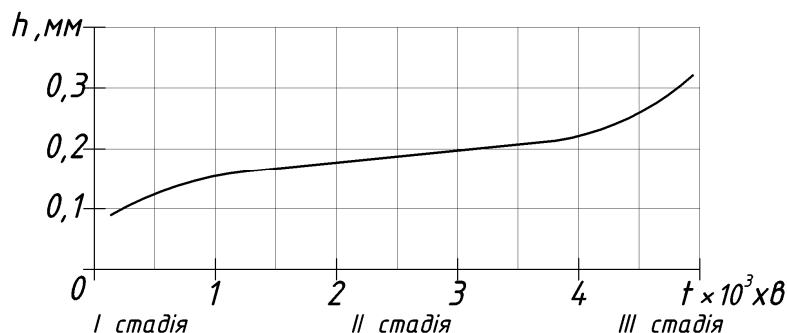


Рисунок 2. Залежність стійкості дискових ножів у процесі розрізування гладкої конвеєрної стрічки на смуги від часу роботи

Figure 2. Dependence of disk knives stability during the cutting process of smooth conveyor belt into strips on the operation time

З графіка бачимо, що при роботі 35–42 тис. хв. загострення ножів є гранично допустимим і їх протягом цього часу немає потреби заточувати.

Розроблено спосіб різання конвеєрної стрічки з використанням повітряно-капанного охолодження, що забезпечує зменшення у 1,5...1,8 раза швидкість різання в 2...2,2 раза, а стійкість ножів – на 15...22%.

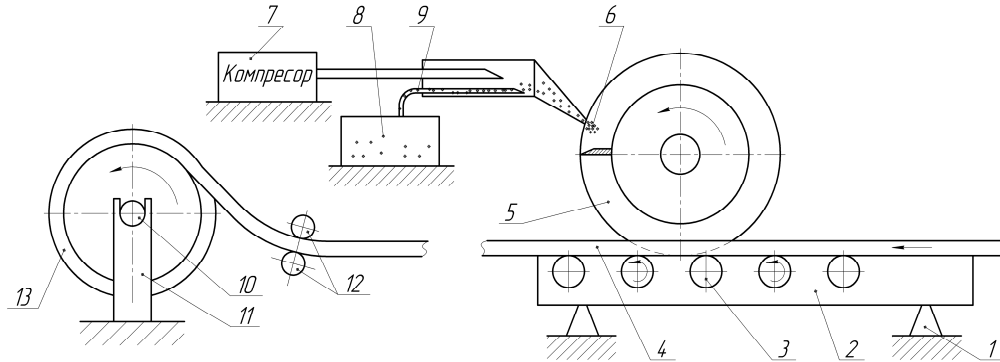


Рисунок 3. Установка для розрізування конвеєрних стрічок на смуги з використанням повітряно-капельного охолодження:

1 – рама; 2 – рольганг; 3 – опорні ролики; 4 – конвеєрна стрічка; 5 – дискові ножі; 6 – повітряно-капельне охолодження; 7 – компресор; 8 – резервуар стисненого повітря; 9 – подача води; 10 – опорний вал; 11 – опора; 12 – направляючі ролики; 13 – бухта

Figure 3. Device for cutting strips of conveyor belts into strips using airborne cooling: 1 – frame; 2 – roller table; 3 – supporting rollers; 4 – conveyor belt; 5 – disc knives; 6 – airborne cooling; 7 – compressor; 8 – compressed air tank; 9 – water supply; 10 – supporting shaft; 11 – support; 12 – directing rollers; 13 – bay

Для визначення величини зношення h використано емпіричну залежність

$$h = \begin{cases} a\sqrt{t}, \text{ при } 0 \leq t \leq t_1; \\ bt + k_1, \text{ при } t_1 \leq t \leq t_2; \\ c(t - t_2)^2 + k_2, \text{ при } t_2 \leq t \leq t_3, \end{cases} \quad (2)$$

Коефіцієнти a , b і c отримано експериментально, вони повною мірою відображають процес зношування різальних інструментів для матеріалу сталь У7А.

Для збільшення продуктивності праці і стійкості ножів ми розробили спосіб різання конвеєрної стрічки на смуги з використанням повітряно-капанного охолодження [6]. При цьому швидкість різання зменшується у 1,5...1,8 раза, швидкість різання в 2...2,2 раза, а стійкість ножів – на 15...22%.

Висновки. Розроблено конструкцію пристрою до заточувального верстата для заточування дискових ножів ножових блоків для розрізування еластомерів з різними характеристиками, а також вибір марки матеріалу ножів та їх термообробка. Проведено експериментальні дослідження, якими встановлено раціональні конструктивні параметри ножів і раціональні режими різання їх заточування, термін експлуатації до їх заточування, а також три стадії їх зношування в процесі експлуатації.

Conclusions. Construction of the device of grinding machine for sharpening circular knives of knife units for cutting elastomers with different characteristics, as well as selection of material type for knives and their heat treatment, was constructed. Experimental investigations that establish the rational design parameters of knives and rational modes of

cutting for their sharpening, their operating life before their sharpening, and three stages of their wear during operation, were carried out.

Список використаної літератури

1. Лепетов, В.А. Расчет и конструирование резиновых изделий [Текст] / В.А. Лепетов, Л.Н. Юрцев // Изд. Л. Химия. 1987. – С.408.
2. Мак-Келви, Д.М. Переработка полиметров [Текст] / Д.М. Мак-Келви; пер. с англ. – М.: Химия, 1965. – С.440.
3. Федюкин, Д.Л. Применение резиново-технических изделий в народном хозяйстве [Текст] / Д.Л. Федюкин. – М.: Химия, 1986. – С.240.
4. Пат. № 45146 Україна, МПК (2011.01) B23Q 37/00. Спосіб нарізання конвеєрної стрічки на смуги / Брошак І. І., Гевко Ів. Б., Ляшук О.Л., Фльонц О.В., Дзюра В.О.; заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u200905466; заявл. 29.05.09; опубл. 26.10.09, Бюл. № 20.
5. Пат. № 28728 Україна, МПК (2011.01): B23Q 37/00. Лінія для порізки конвеєрної стрічки / Матвійчук А.В., Брошак І.І., Фльонц О.В., Гевко Ів.Б.; заявники і патентовласники Матвійчук А.В., Брошак І.І., Фльонц О.В., Гевко Ів.Б. – № u200707019; заявл. 22.06.07; опубл. 25.12.07, Бюл. № 21.

Отримано 14.02.2012